



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 7月15日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-206038  
Application Number:

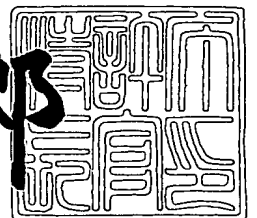
[ST. 10/C]: [JP 2002-206038]

出願人 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド  
Applicant(s):

2003年 7月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3054226

【書類名】 特許願

【整理番号】 AMJ-842

【提出日】 平成14年 7月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05H 1/30  
C23C 14/48

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県成田市新泉 1 4 - 3 野毛平工業団地内 アプライ  
ド マテリアルズ ジャパン株式会社内

【氏名】 伊藤 裕之

【特許出願人】

【識別番号】 390040660

【氏名又は名称】 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100094318

【弁理士】

【氏名又は名称】 山田 行一

【選任した代理人】

【識別番号】 100104282

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 康仁

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 イオン注入方法及びSOIウエハの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板の所定深さに水素イオンを注入する方法であって、内部が減圧されており且つ所定磁場が形成された容器内に水素ガスを導入し、前記磁場内にマイクロ波を導入してプラズマを生成させ、このプラズマ中から水素分子イオンを含む水素イオンビームを引き出し、前記水素分子イオンを前記半導体基板に照射することを特徴とするイオン注入方法。

【請求項2】 前記マイクロ波の周波数及び前記磁場の強さが、下記式（1）又は（2）：

【数1】

$$\omega > \frac{eB}{2\pi m_e} \quad (1)$$

【数2】

$$\omega < \frac{eB}{2\pi m_e} \quad (2)$$

[式（1）、（2）中、 $\omega$ はマイクロ波の周波数を表し、 $m_e$ は電子の質量を表し、 $e$ は電子の電荷を表し、 $B$ は磁場の強さを表す]

で表される条件を満たすことを特徴とする、請求項1に記載のイオン注入方法。

【請求項3】 前記プラズマの生成領域に前記水素ガスが導入されてから前記水素イオンビームが引き出されるまでの平均滞留時間が $5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-3}$ 秒であることを特徴とする、請求項1又は2に記載のイオン注入方法。

【請求項4】 前記半導体基板としてSi基板上に絶縁層を備えたものを用い、前記絶縁層の側から前記水素分子イオンを照射して前記Si基板の所定深さに水素分子イオンを注入することを特徴とする、請求項1～3のうちのいずれか一項に記載のイオン注入方法。

【請求項5】 前記半導体基板としてSi基板上にSiO<sub>2</sub>層を備えたものを用い、前記SiO<sub>2</sub>層の側から前記水素分子イオンを照射して前記Si基板の所定深さに水素分子イオンを注入することを特徴とする、請求項1～4のうちの

いずれか一項に記載のイオン注入方法。

【請求項6】 Si基板の一方面上に絶縁層を有する第1のウエハの所定深さに水素イオン注入層を形成するイオン注入工程と、前記イオン注入工程後の前記第1のウエハの前記絶縁層上にSi基板からなる第2のウエハを積層して積層体を得る積層工程と、前記積層体を前記水素イオン注入層で分断する分断工程と、を有するSOIウエハの製造方法であって、前記イオン注入工程において、請求項1～5のうちのいずれか一項に記載のイオン注入方法により前記水素イオン注入層を形成することを特徴とするSOIウエハの製造方法。

【請求項7】 Si基板からなる第3のウエハの所定深さに水素イオン注入層を形成するイオン注入工程と、前記イオン注入工程後の前記第3のウエハの所定面上に絶縁層及びSi基板からなる第2のウエハを積層して積層体を得る積層工程と、前記積層体を前記水素イオン注入層で分断する分断工程と、を有するSOIウエハの製造方法であって、

前記イオン注入工程において、請求項1～5のうちのいずれか一項に記載のイオン注入方法により前記水素イオン注入層を形成することを特徴とするSOIウエハの製造方法。

【請求項8】 前記絶縁層がSiO<sub>2</sub>層であることを特徴とする、請求項6又は7に記載のSOIウエハの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、イオン注入方法及びSOIウエハの製造方法に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

SOI (Silicon on Insulator) ウエハとは、一般的に、Si基板の表面近くに薄い絶縁層とSi単結晶層とを形成してSi層／絶縁層／Si基板の積層構造としたウエハを意味する。このSOIウエハは、通常のバルクSiウエハに比べて高集積化、高速化等の点で優れていることから近年注目されている。

##### 【0003】

SOIウエハを製造する方法の一つとしてスマートカット法が知られている（特開2000-12285号公報等）。スマートカット法とは、Si基板の表面に形成された絶縁層（SiO<sub>2</sub>層等）を介してSi基板に水素イオンを注入し、この基板を別のSi基板と貼り合わせた後で水素イオン注入層の部分で分断することによってSOIウエハを作製するものである。

#### 【0004】

上記スマートカット法においては、Si基板に水素イオンを注入する際に、イオン源としてホットカソードを用いたアーク放電型のプラズマ源を用いるのが一般的である。アーク放電型のイオン源は、陽極-陰極間で電子を高エネルギー状態に加速してガスをイオン化することから、単原子イオンや多価イオンを効率よく発生させるのに適している。従ってこの場合は、アーク放電型のイオン源から発生した水素原子イオン（H<sup>+</sup>）がSi基板に注入される。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

SOIウエハの製造工程において、水素イオン注入層の部分での分断を容易に且つ確実に行うためにはSi基板への水素イオンの注入量を高めることが非常に重要であり（好ましくは $5 \times 10^{16}$ イオン/cm<sup>2</sup>以上）、従って高いスループット（単位時間当たりのウエハへの水素注入速度）でイオン注入を行うことが望ましい。

#### 【0006】

しかしながら、アーク放電型のイオン源中でのプラズマ密度には物理的な限界があることから、単原子イオンとして引き出される水素原子イオンビームの電流密度には上限があり、このことが水素イオンの注入速度を制約する原因となっている。典型的なスループットは10w a f e r / h o u r以下である。

#### 【0007】

なお、イオン源を巨大化することで水素原子イオンのビーム電流を増大させることは理論的には可能であるが、装置全体が不必要に大きくなると共に装置の動作に必要なパワーも大きくなるので効率が悪く、さらにはメンテナンスも煩雑且つ困難となるため、上記課題の根本的な解決とはならない。

## 【0008】

本発明は、上記従来技術の有する課題に鑑みてなされたものであり、半導体基板への水素イオンの注入を効率よく行うことが可能なイオン注入方法、並びに S O I ウエハの製造効率が十分に高い S O I ウエハの製造方法を提供することを目的とする。

## 【0009】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明のイオン注入方法は、半導体基板の所定の深さに水素イオンを注入する方法であって、内部が減圧されており且つ所定磁場が形成された真空容器内に水素ガスを導入し、磁場内にマイクロ波を導入してプラズマを生成させ、このプラズマ中から水素分子イオンを含む水素イオンビームを引き出し、水素分子イオンを半導体基板に照射することを特徴とする。

## 【0010】

本発明によれば、内部が減圧されており且つ所定磁場が形成された真空容器内に水素ガスを導入し、この磁場内にマイクロ波を導入してプラズマを生成させることによって、プラズマ生成の際に低エネルギー電子を利用して水素分子イオンの生成効率を高めることができ、また、非常に高いプラズマ密度が達成されるため、プラズマ中から引き出される水素イオンビームにおける水素分子イオンの割合及び電流密度を向上させることができる。そして、この水素イオンビーム中の水素分子イオンを半導体基板に照射することによって、半導体基板の所定深さに水素イオンを効率よく注入することができ、S O I ウエハの製造工程等において高水準のスループットが実現可能となる。

## 【0011】

また、本発明のイオン注入方法は、マイクロ波の周波数及び磁場の強さが、下記式 (1) 又は (2) :

## 【数3】

$$\omega > \frac{eB}{2\pi m_e} \quad (1)$$



## 【数4】

$$\omega < \frac{eB}{2\pi m_e} \quad (2)$$

[式(1)、(2)中、 $\omega$ はマイクロ波の周波数を表し、 $m_e$ は電子の質量を表し、 $e$ は電子の電荷を表し、 $B$ は磁場の強さを表す]

で表される条件を満たすことを特徴としてもよい。これにより、低エネルギー電子による水素分子イオンの生成効率がより高められ、水素イオンビームの電流密度及び水素分子イオンの割合をさらに向上させることができる。

## 【0012】

また、本発明のイオン注入方法は、プラズマの生成領域に水素ガスが導入されてから水素イオンビームが引き出されるまでの平均滞留時間 (Residential Time) が  $5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-3}$  秒であることを特徴としてもよい。これにより、低エネルギー電子による水素分子イオンの生成効率をさらに高めることができ、水素イオンビームの電流密度及び水素分子イオンの割合を一層向上させることができる。

## 【0013】

なお、本発明でいう平均滞留時間は、下記式(3)に従って求められる。

## 【0014】

## 【数5】

$$\tau = \frac{L}{v_g} \quad (3)$$

[式(3)中、 $\tau$ は平均滞留時間を表し、 $v_g$ はプラズマ室に導入された水素ガス分子のイオンが引き出される方向の平均速度を表し、 $L$ は水素ガス分子がプラズマ室の導入口に導入されてから引き出し口に達するまでの平均移動距離を表す。]

## 【0015】

また、本発明のイオン注入方法は、半導体基板として Si 基板上に絶縁層を備えたものを用い、絶縁層の側から水素分子イオンを照射して Si 基板の所定深さに水素分子イオンを注入することを特徴としてもよい。

## 【0016】

また、本発明のイオン注入方法は、半導体基板としてSi基板上にSiO<sub>2</sub>層を備えたものを用い、SiO<sub>2</sub>層の側から水素分子イオンを照射してSi基板の所定深さに水素分子イオンを注入することを特徴としてもよい。

## 【0017】

また、本発明のSOIウエハの第1の製造方法は、Si基板の一方向上に絶縁層を有する第1のウエハの所定深さに水素イオン注入層を形成するイオン注入工程と、イオン注入工程後の第1のウエハの絶縁層上にSi基板からなる第2のウエハを積層して積層体を得る積層工程と、積層体を水素イオン注入層で分断する分断工程と、を有するSOIウエハの製造方法であって、イオン注入工程において、上記本発明のイオン注入方法により水素イオン注入層を形成することを特徴とするものである。

## 【0018】

上記第1の製造方法では、第1のウエハ（絶縁層／Si基板）の所定深さに水素イオン注入層を形成し、その絶縁層上に第2のウエハを積層して積層体（Si基板／絶縁層／Si層／水素イオン注入層／Si基板）とし、この積層体を水素イオン注入層で分断することによって、SOIウエハ（Si層／絶縁層／Si基板）が得られる。このとき、イオン注入工程において上記本発明のイオン注入方法を適用することにより、Si基板の所定深さに水素イオンを効率よく注入してスループットを飛躍的に向上させることができる。また、このようにしてイオン注入を行うことで、Si基板中の絶縁層側の表面から比較的浅い位置への水素イオン注入層の形成も容易に達成できる。従って、高集積化等の点で優れたSOIウエハを効率よく且つ確実に製造可能な点で上記製造方法は非常に有用である。

## 【0019】

また、本発明のSOIウエハの第2の製造方法は、Si基板からなる第3のウエハの所定深さに水素イオン注入層を形成するイオン注入工程と、イオン注入工程後の第3のウエハの所定面上に絶縁層及びSi基板からなる第2のウエハを積層して積層体を得る積層工程と、積層体を水素イオン注入層で分断する分断工程と、を有するSOIウエハの製造方法であって、イオン注入工程において、上記

本発明のイオン注入方法により水素イオン注入層を形成することを特徴とするものである。

#### 【0020】

上記第2の製造方法では、Si基板からなる第3のウエハに水素イオン注入層を形成した後、第3のウエハの所定面上にウエハに絶縁層及び第4のウエハを積層し、その積層体を水素イオン注入層で分断することによって、SOIウエハ（Si層／絶縁層／Si基板）が得られる。この場合も、イオン注入工程において上記本発明のイオン注入方法を適用することにより、第1の製造方法と同様に、高集積化等の点で優れたSOIウエハを効率よく且つ確実に製造することができる。

#### 【0021】

上記第1及び第2の製造方法においては、絶縁層がSiO<sub>2</sub>層であることを特徴としてもよい。これにより、Si層／SiO<sub>2</sub>層／Si基板の積層構造を有するSOIウエハが効率よく得られる。

#### 【0022】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面中、同一又は相当部分には同一符号を付することとし、重複する説明は省略する。

#### 【0023】

先ず、イオン注入方法について説明する。

#### 【0024】

図1は本発明で用いられるイオン注入装置の一例を模式的に示す説明図である。図1に示した装置は、イオン源10、イオン源10に水素ガスを供給するポンプ17及び引き出し電極11を含むイオン引出アセンブリ1、イオン質量セクタ13、並びにターゲット基板フォルダ14Aを備えるものである。イオン引出アセンブリ1からの水素イオンビームIBは、イオン質量セクタ13を通してターゲット基板フォルダ14Aに向けて方向づけられる。このとき、イオン質量セクタ13を通る水素イオンビームIBから水素分子イオンが選別され、この

水素分子イオンがターゲット基板フォルダ 14 A に装着されたターゲット基板 14 に照射される。

#### 【0025】

イオン引出アセンブリ 1 は、マイクロ波を利用して水素分子イオンを含む水素イオンビーム IB を供給するものである。なお、図 1 中にはイオン源 10 の構成の詳細及びマイクロ波の導光路等を図示していないが、これらの点については図 2 及び図 3 を参照して後述する。

#### 【0026】

イオン質量セクタ 13 は、質量、質量選択スリット 131 と共に作動する磁気セクタ質量分析器 132 を備える。分析器 132 は、図 1 の紙面に対して垂直方向の磁場の領域を含む。そのような磁場の中で、所定の質量／荷電比を持つ定エネルギーのイオンを含むイオンビームが、イオン源 10 のアークチャンバの出口アパーチャに接近した点を基点とし、分析器 132 の入口アパーチャから出口アパーチャを通して質量選択スリット 131 の面で焦点を結ぶ。

#### 【0027】

図 1 には、単一の質量／荷電比のイオンのみを示すビームが描かれているので、ビームはスリット 131 のアパーチャに単一の焦点を結び、この質量／荷電比のイオンのビームはターゲット基板 14 に向かってスリット 131 を通過することができる。実際には、イオン源 10 によって放出されるビームには、基板 14 への注入に望ましいものとは異なる質量／荷電比のイオンも含まれる。これらの望ましくないイオンは、所望のイオンとは異なる曲率半径を持ち、スリットを通過しない。所望のイオンは、分析器 132 によって、スリット 131 の面内の一点に焦点を結ぶ。したがって分析器 132 は、図 1 の面内に分散面を持つ。

#### 【0028】

図 2 はマイクロ波イオン源の一例を示す概略構成図である。図 2 中、マグネトロン 21、マグネトロンマウント 22、サーキュレータ 23、パワーモニタ 25、スタブチューナ 26、インターフェースチューブ 27、ソースヘッド 28 がこの順で連結されており、ソースヘッド 28 の前面にはプラズマチャンバ 29 が設けられている。また、サーキュレータ 23 の側部にはダミーロード 24 が設けら

れている。

#### 【0029】

マグネトロン21は所定のマイクロ波（例えば2.45GHzのもの）を発生させるもので、このマイクロ波がソースヘッド28に導入されてプラズマ生成に利用される。サーキュレータ23はマグネトロン21側に戻ろうとする反射されたマイクロ波をダミーロード24に迂回させるものであり、迂回したマイクロ波はダミーロード24で吸収されて熱に変換される。また、スタブチューナ26はマイクロ波の反射を無くしてより多くのマイクロ波がプラズマ生成に消費されるように調整するものである。なお、マイクロ波の出力を検出するパワーモニタ25、インターフェースチューブ27等は必須の要素ではなく、適宜省略することができる。

#### 【0030】

図3は、ソースヘッド28をマイクロ波の導入路を含む平面で切断したときの断面図である。図3中、ソースヘッド外壁31のマグネトロン側（マイクロ波MWの入口側）にはソースブッシング32が形成されており、その端部はソースヘッドの内側に向けて折れ曲がった形状となっている。この折れ曲がり部の先端にはマグネットヨーク33が設けられてソースヘッド28の内側に窪んだ空間を与えている。マグネットヨーク33の前面には開口部を有する出口側プレート34が設けられ、さらにプレート34のマグネトロン側の開口部には凹状のプラズマチャンバ29が配置されている。プラズマチャンバ29の凹部の空間37はプラズマ生成領域であり、この部分に水素ガスが供給される。

#### 【0031】

また、凸状のマグネットポール35は、凸部の先端がプラズマチャンバ29に近接するとともに底部側面がマグネットヨーク33側部の内壁面と密着するように配置されている。このマグネットポール35には底部の中心から凸部先端までを連通するように導波管36が配置されている。この導波管36はマイクロ波をプラズマチャンバ29に導入するものである。

#### 【0032】

マグネットヨーク33及びプレート34の内壁面並びにプラズマチャンバ29

及びマグネットポール 35 の外壁面により形成される空間 37 には、マグネットポール 35 の凸部を巻回するようにソレノイドコイル 38 が配置されている。

### 【0033】

上記の構成を有するイオン源において、磁場内の電子はローレンツ力を受けて磁束線に沿って旋回する。このとき、プラズマ生成領域 37 に水素ガスを導入しながら導波管 36 にマイクロ波を導入すると、磁場内の電子がマイクロ波により励起され、この励起電子とプラズマ生成領域 37 内の水素ガスとの衝突により水素分子イオン ( $H_2^+$ ) を含むプラズマが生成する。

### 【0034】

このプラズマ生成は、ECRモード、非ECRモード(Off-ECRモード)のいずれで行ってもよいが、非ECRモードで行うことが好ましい。非ECRモードでプラズマ生成を行うことで、低エネルギー電子による水素分子イオンの生成効率及びプラズマ密度をより高めることができ、水素イオンビーム IB の電流密度及び水素分子イオンの割合をさらに向上させることができる。

### 【0035】

なお、ここでいう ECR (Electron Cyclotron Resonance) モードとは、マイクロ波の周波数を下記式 (4) :

### 【数6】

$$\omega_e = \frac{eB}{2\pi m_e} \approx 2.80B \times 10^{10} [Hz] \quad (4)$$

[式 (4) 中、 $\omega_e$  は電子サイクロトロン周波数を表し、 $m_e$  は電子の質量を表し、 $e$  は電子の電荷を表し、 $B$  は磁場の強さを表す。]

で表される電子サイクロトロン周波数(磁束線に沿って旋回する電子の周波数)と一致させることによって、電子サイクロトロン共鳴吸収過程で電子を選択的に励起し、その励起電子と水素分子とを衝突させてプラズマを生成させるものである。しかしながら、ECRモードでプラズマ生成を行うと、水素原子イオン ( $H^+$ ) が生成しやすく、水素イオンビームの電流密度が不十分となりやすい。

### 【0036】

一方、非ECRモードとは、ECR条件を満たさないように、すなわちマイク

口波の周波数及び磁場の強さが下記式 (1) 又は (2) :

【数 7】

$$\omega > \frac{eB}{2\pi m_e} \quad (1)$$

【数 8】

$$\omega < \frac{eB}{2\pi m_e} \quad (2)$$

[式 (1)、(2) 中、 $\omega$  はマイクロ波の周波数を表し、 $m_e$  は電子の質量を表し、 $e$  は電子の電荷を表し、 $B$  は磁場の強さを表す]

で表される条件を満たすように設定してプラズマ生成を行うものである。なお、非 ECR モード設定の際には、マイクロ波の周波数を固定して磁場の強さを調節してもよく、また、磁場の強さを固定してマイクロ波の周波数を調節してもよい。

#### 【0037】

非 ECR モードにおいては、マイクロ波の周波数  $\omega$  が電子サイクロトロン周波数  $\omega_e$  よりも 10～50% (より好ましくは 20～40%) だけ高く (又は低く) なるように、マイクロ波の周波数及び磁場の強さを設定することが好ましい。従って、例えば 2.45 GHz のマイクロ波を用いる場合、磁場の強さは 96～131 mT 又は 44～79 mT (より好ましくは 105～123 mT 又は 53～70 mT) であることが好ましい。また、14.5 GHz のマイクロ波を用いる場合、磁場の強さは 570～777 mT 又は 259～466 mT であることが好ましい。

#### 【0038】

また、プラズマ生成領域 37 に水素ガスが導入されてから水素イオンビーム I B が引き出されるまでの水素分子の平均滞留時間は、 $5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-3}$  秒であることが好ましく、 $7 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-3}$  秒であることがより好ましい。平均滞留時間が前記上限値を超えると水素分子イオンの割合が低下する傾向にあり、また、前記下限値未満であるとプラズマの生成効率が低下する傾向にある。当該平均滞留時間の設定は、プラズマチャンバ 29 の形状及びサイズ、水素ガス

の供給量、水素イオンビーム I B の引き出し量等の調節により行うことができる。

#### 【0039】

このようにして生成した水素分子イオンを含む水素イオンビーム I B をプラズマチャンバ 29 から引き出し、イオン質量セクタ 13 において水素イオンビーム I B から水素分子イオンを選別する。この水素分子イオンをターゲット基板 14 に照射することで、ターゲット基板の所定深さに十分な量の水素イオン注入層を効率よく形成することができる。

#### 【0040】

ターゲット基板としては、Si 基板等の半導体基板、あるいはこの半導体基板の一方面上に SiO<sub>2</sub> 層等の絶縁層が形成されたもの等が好適に使用される。例えば SiO<sub>2</sub> 層 / Si 基板の積層構造を有する半導体基板を用いる場合、SiO<sub>2</sub> 層の側から水素分子イオンを照射することで、Si 基板中に水素イオン注入層が形成される。そして、この水素イオン注入層の形成に伴い、SiO<sub>2</sub> 層と水素イオン注入層との間に薄い Si 層が形成される。

#### 【0041】

なお、アーク放電型イオン源や RF イオン源等を用いた従来法では、水素分子イオンよりも水素原子イオンの方が生成しやすいため、イオン注入の際には専ら水素原子イオンが利用されていた。これに対して本発明のイオン注入方法では、マイクロ波を利用してプラズマ生成を行うことで、アーク放電型イオン源や RF イオン源等を用いた場合に比べてプラズマ中の水素分子イオンの割合を飛躍的に増大させることができるので、イオン注入の際に水素分子イオンを有効に利用することができる。

#### 【0042】

例えば、本発明者は、マイクロ波の周波数が 2.45 GHz、マイクロ波の出力が 700 W、磁場の強さが 70 mT である非 ECR モードにおいて、水素分子の平均滞留時間を  $8.9 \times 10^{-4}$  秒としてプラズマを生成させたとき、H<sup>+</sup>イオンが 13.5%、H<sub>2</sub><sup>+</sup>イオンが 78.1%、H<sub>3</sub><sup>+</sup>イオンが 8.4% というイオン組成が達成されたことを確認している。これに対して、従来型のアーク放電型イ



オン源により生成したプラズマ中のイオン組成は、 $H^+$ イオンが60.2%、 $H_2^+$ イオンが22.9%、 $H_3^+$ イオンが16.9%であった。

【0043】

次に、SOIウエハの製造方法について、Si層/SiO<sub>2</sub>層/Si基板の積層構造を有するSOIウエハを製造する場合を例にとって詳述する。

【0044】

図4(a)～(d)はそれぞれ各工程におけるウエハの積層構造を模式的に示す断面図である。

【0045】

イオン注入工程においては、ターゲット基板として、Si基板(Si-donor wafer)41の一方面上にSiO<sub>2</sub>層42が形成されたものを用いる。SiO<sub>2</sub>層42は、例えばSi基板の表面を酸化させることにより形成可能であり、その厚さは例えば0.01～1.0μmである。

【0046】

このターゲット基板に対して、ウエハのSiO<sub>2</sub>層42側から水素分子イオンを照射することによって、Si基板42中の所定深さに水素イオン注入層43が形成され、これに伴いSiO<sub>2</sub>層42と水素イオン注入層43との間に薄いSi層が形成される(図4(a))。

【0047】

イオン注入工程においては、上述のように、非ECRモードにより水素イオンビームを発生させることが好ましい。これにより、非常に高いスループットが実現可能となり、その結果、SOIウエハの製造効率を飛躍的に向上させることができる。本発明者は、非ECRモードによるイオン注入を行った場合に、アーク放電型イオン源やRFイオン源等を用いる従来の製造方法の場合と比較して、SOIの製造効率が4倍以上にまで高められることを確認している。

【0048】

イオン注入工程におけるイオン注入量は $1 \times 10^{16}$ イオン/cm<sup>2</sup>以上であることが好ましい。また、水素イオン注入層43は、例えばSi層44とSiO<sub>2</sub>層42との界面からの深さ0.005～1.5μmの位置に形成される。

**【0049】**

次に、ターゲット基板のSiO<sub>2</sub>層42上にSi基板(Si-handle wafer)45を貼り合わせる(図4(b))。なお、SiO<sub>2</sub>層が形成されていないSi基板を用いて上記と同様のイオン注入工程を行い、その一方で表面にSiO<sub>2</sub>層が形成されたSi基板を用意して、積層工程において両者を貼り合わせることも目的の積層体を得ることができる。

**【0050】**

この積層体を水素イオン注入層43で分断する(図4(c))。水素イオン注入層43はシリコン原子同士の共有結合が切断された脆弱な層であるため、水素イオン注入層43の側面に乾燥空気等のガスを吹き付けたり、機械的に剪断を加えたりすることによって容易に分断することができる。

**【0051】**

このようにして、Si基板45上にSiO<sub>2</sub>層42及びSi層44がこの順で積層されたSOIウエハが得られる(図4(c))。なお、分断工程後のSi層44の表面に水素イオン注入層43の一部が残存する場合があるが、研磨処理等を行うことでその残さを容易に除去することができる。また、Si層44を更に研磨することにより、Si層44の厚みを調整することができる。

**【0052】****【発明の効果】**

以上説明した通り、本発明のイオン注入方法によれば、水素分子イオンの割合及び電流密度が高い水素イオンビームを引き出して、この水素イオンビームからの水素分子イオンを半導体基板に照射することによって、半導体基板の所定深さに水素イオンを効率よく注入することができる。

**【0053】**

また、本発明のSOIウエハの製造方法によれば、イオン注入工程の際に上記本発明のイオン注入方法を適用することで高水準のスループットが実現可能となり、高集積化等の点で優れたSOIウエハを効率よく且つ確実に製造することができる。

**【図面の簡単な説明】**

**【図 1】**

イオン注入装置の一例を模式的に示す説明図である。

**【図 2】**

マイクロ波イオン源の一例を示す概略構成図である。

**【図 3】**

ソースヘッドをマイクロ波の導入路を含む平面で切断したときの断面図である

**【図 4】**

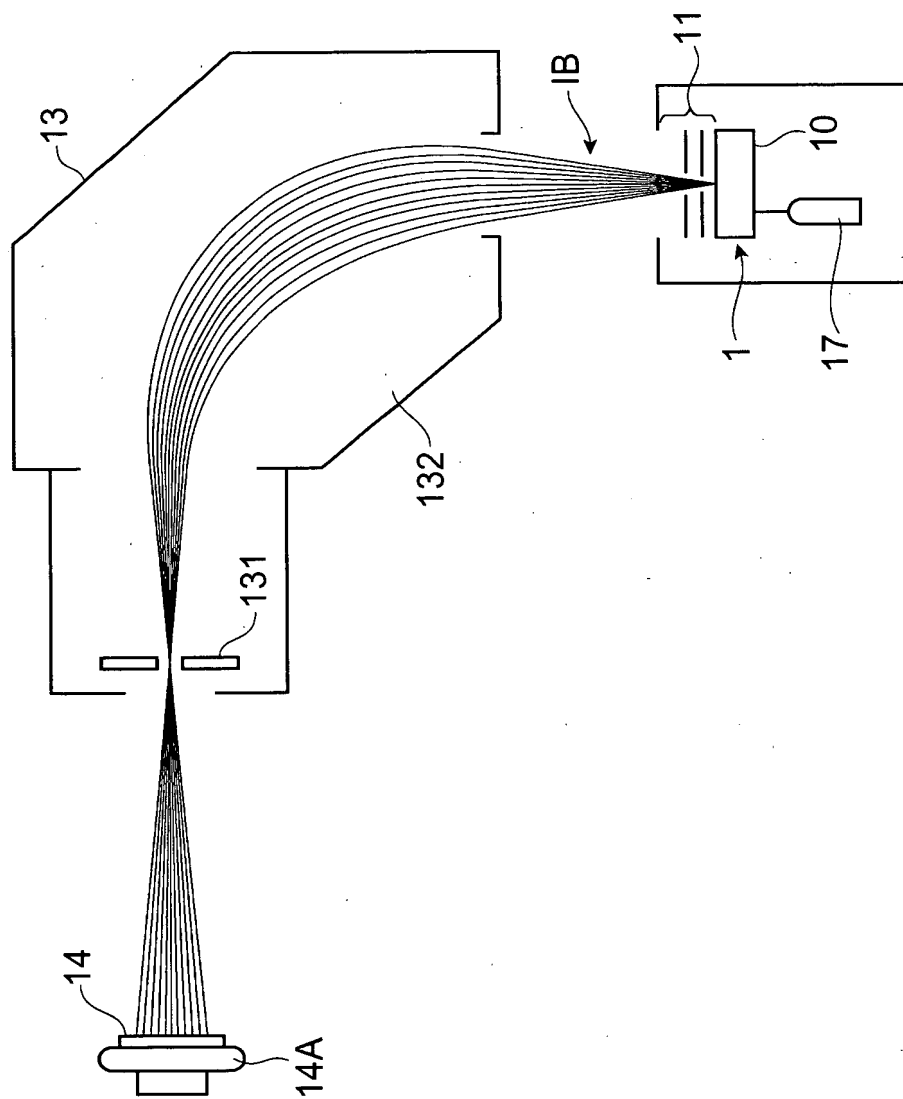
(a) ~ (d) はそれぞれ各工程におけるウエハの積層構造を模式的に示す断面図である。

**【符号の説明】**

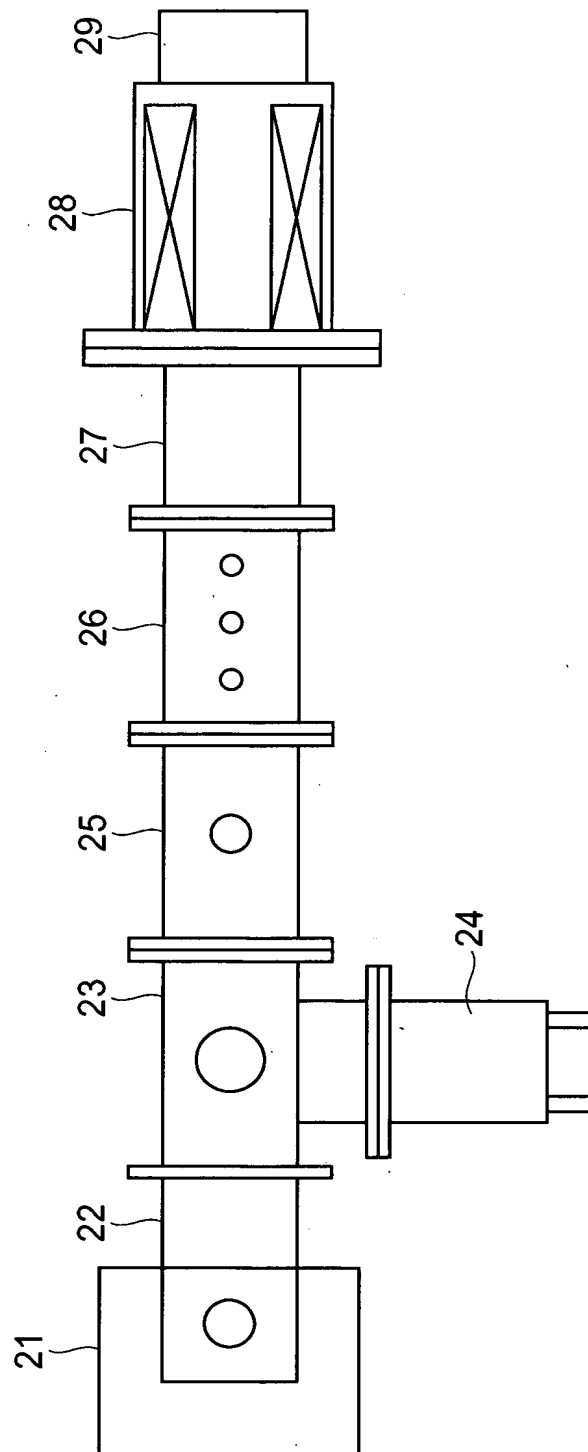
1…イオン引出アセンブリ、10…イオン源、11…引き出し電極、13…イオン質量セクタ、131…質量選択スリット、132…磁気セクタ質量分析器、14…ターゲット基板、14A…ターゲット基板ホルダ、17…ボンベ、21…マグネトロン、22…マグネトロンマウント、23…サーキュレータ、24…ダミーロード、25…パワーモニタ、26…スタブチューナ、27…インターフェースチューブ、28…ソースヘッド、29…プラズマチャンバ、31…ソースヘッド外壁、32…ソースブッシング、33…マグネットヨーク、34…出口側プレート、35…マグネットポール、36…導波管、37…プラズマ生成領域、38…ソレノイドコイル、41、45…Si基板、42…SiO<sub>2</sub>層、43…水素イオン注入層、44…Si層、MW…マイクロ波、IB…イオンビーム。

【書類名】 図面

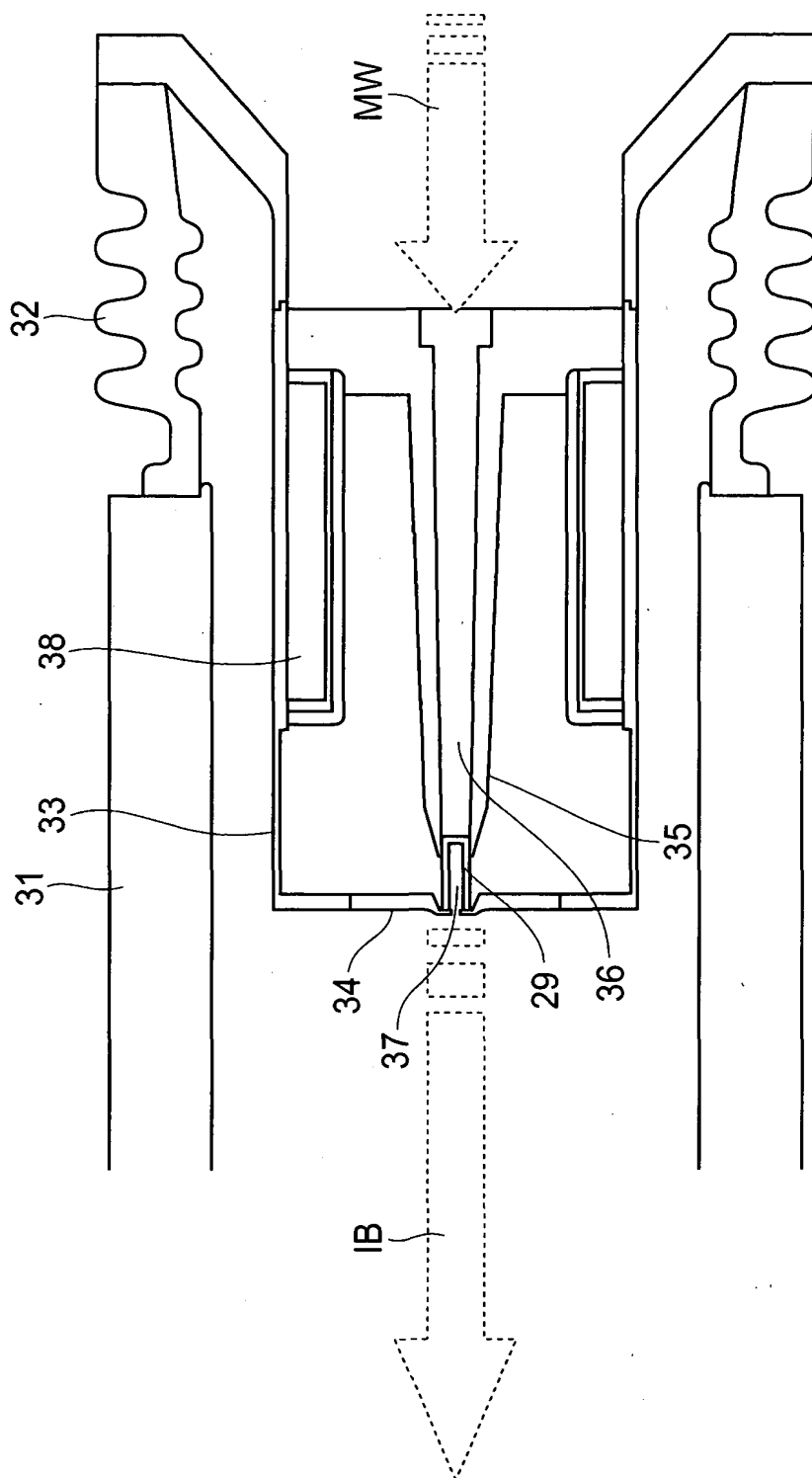
【図 1】



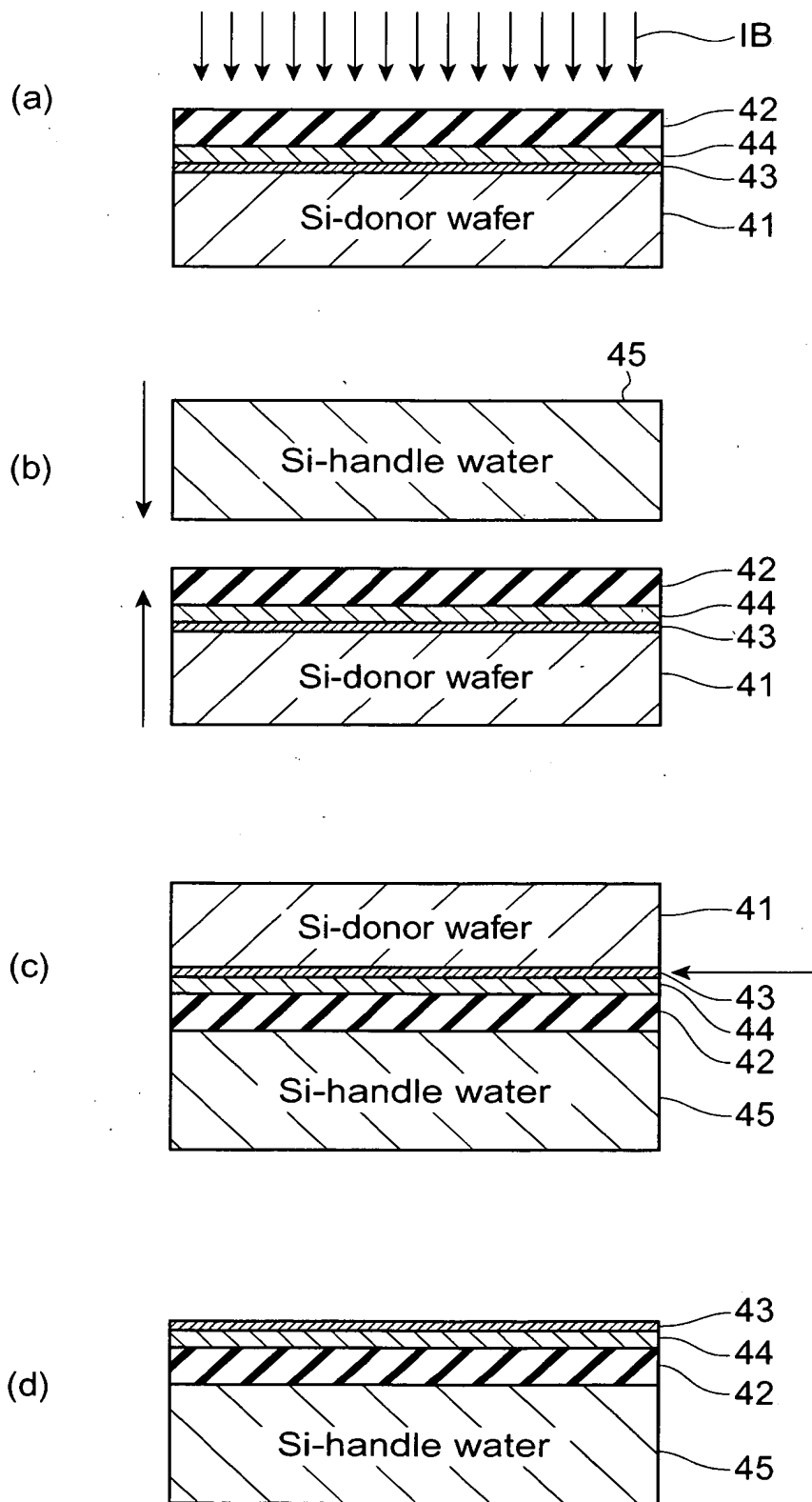
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体基板への水素イオンの注入速度を飛躍的に増大させることが可能なイオン注入方法、並びに S O I ウエハの製造効率が十分に高い S O I ウエハの製造方法を提供する。

【解決手段】 半導体基板の所定深さに水素イオンを注入する際に、内部が減圧されており且つ所定磁場が形成された容器 37 内に水素ガスを導入し、磁場内にマイクロ波 MW を導入してプラズマを生成させ、このプラズマ中から水素分子イオンを含む水素イオンビーム I B を引き出し、水素分子イオンを半導体基板に照射して注入する。これにより、水素イオン注入におけるスループットが向上し、S O I ウエハの製造効率を高めることができる。

【選択図】 図 3



## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-206038
受付番号	50201035920
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成 14 年 7 月 16 日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	390040660
【住所又は居所】	アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ バウアーズ アベニュー 3 050
【氏名又は名称】	アプライド マテリアルズ インコーポレイテッ ド

## 【代理人】

申請人

【識別番号】	100088155
【住所又は居所】	東京都中央区銀座二丁目 6 番 12 号 大倉本館 創英国際特許法律事務所
【氏名又は名称】	長谷川 芳樹

## 【選任した代理人】

【識別番号】	100094318
【住所又は居所】	東京都中央区銀座二丁目 6 番 12 号 大倉本館 創英国際特許法律事務所
【氏名又は名称】	山田 行一

## 【選任した代理人】

【識別番号】	100104282
【住所又は居所】	東京都中央区銀座二丁目 6 番 12 号 大倉本館 創英国際特許法律事務所
【氏名又は名称】	鈴木 康仁

次頁無

特願 2002-206038

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[390040660]

1. 変更年月日

1990年12月12日

[変更理由]

新規登録

住 所

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ ク  
ララ バウアーズ アベニュー 3050

氏 名

アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド